

文章编号: 1009-3850(2010)02-0108-05

# 充填胶结碎裂结构岩体的成因机制及工程地质特性研究

周洪福<sup>1</sup>, 聂德新<sup>2</sup>, 韦玉婷<sup>3</sup>

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610084; 2. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 3. 四川省地质工程勘察院, 四川 成都 610072)

摘要: 本文以工程实例为依托, 在现场大量调查、测试、试验的基础上, 对一种新型碎裂结构岩体—充填胶结碎裂岩体的工程地质特性和成因机制进行了分析。此类岩体表现观碎裂, 但是由于岩块之间被钙质充填、胶结, 使得表现观碎裂的岩体在原位状态没有受到大的扰动的情况下具有较高的力学性能, 其可以用作坝基岩体, 与普通的碎裂岩体有着本质上的差别。该类岩体一旦受到外界大的扰动, 其力学性能迅速降低, 在施工中应该特别注意。

关键词: 充填胶结碎裂岩体; 岩体结构; 成因机制; 工程地质  
中图分类号: P642 文献标识码: A

## 1 引言

随着西部大开发的深入进行, 我国西部的各类工程建设活动也推进到了一个新的高度。我国西部地区、特别是青藏高原东南缘地区地形陡峻, 地质构造复杂, 各类工程建设不仅遇到了岩体风化、卸荷、高地应力、边坡稳定性问题, 而且不少工程建设场地因为构造复杂、结构面发育而遇到块裂、镶嵌、碎裂等结构类型较差岩体的利用问题, 特别是在水电工程中, 此类问题更加突出。

碎裂岩体作为工程中常见的一种岩体, 行业内的许多学者对此有过较多的研究<sup>[2~7]</sup>。多数研究集中在工程处理措施等方面的研究, 对于特殊类型碎裂岩体的成因机制和工程特性的研究较少。按照国标 GB50287-2006 中的规定(表 1), 碎裂结构分为块裂结构和碎裂结构两种类型, 划分的标准主要是岩块之间嵌合的紧密程度和结构面的间距。其中碎裂结构岩块之间嵌合较松弛, 结构面的间距小于 10 cm, 按照水电工程的分类方法, 一般对应为 IV-V

表 1 岩体结构类型(据 GB50287—2006)<sup>[1]</sup>

Table 1 Types of rock mass structures

类型	亚类	岩体结构特征
碎裂结构	块裂结构	岩体完整性差, 岩块间有岩屑和泥制物充填, 嵌合中等紧密~较松弛, 结构面较发育到很发育, 间距一般 30~10 cm
	碎裂结构	岩体较破碎, 岩块间有岩屑和泥制物充填, 嵌合较松弛~松弛, 结构面很发育, 间距一般小于 10 cm

级岩体, 对于水电工程坝基而言, 在没有经过特殊处理之前, 属于不可利用岩体。

## 2 问题的发现

怒江中游某水电站位于云南省保山市隆阳区, 水电站坝型为混凝土重力坝, 初定坝高 85 m。整个坝址区河谷为典型的 U 型谷, 坝址区岩体一共有三种, 分别是右岸石炭系玄武岩和左岸三叠系白云岩以及玄武岩和白云岩接触部位的断层破碎带岩体(图 1), 怒江深大断裂东西两支分别从坝址区外围

收稿日期: 2010-04-20

作者简介: 周洪福, 男, 博士, 主要从事工程岩土体稳定性和地质灾害调查研究工作。E-mail: zh80072@163.com

资助项目: 国家自然科学基金项目(40372127), 中国地质调查局地震滑坡灾害编图方法示范研究(1212010914011)

通过,区内断裂构造发育,根据勘探揭露可知:左岸白云岩中细微裂隙极为发育,现场平硐和路边可观察到岩体被裂隙强烈切割,裂隙间距普遍为数厘米,甚至在 $1\text{m}$ 以下,岩体表面结构呈碎裂状,钻孔岩芯RQD值多在 $10\%$ 以下;右岸玄武岩岩体完整性也较差,钻孔岩心较为破碎,平均RQD仅为 $33\%$ 。

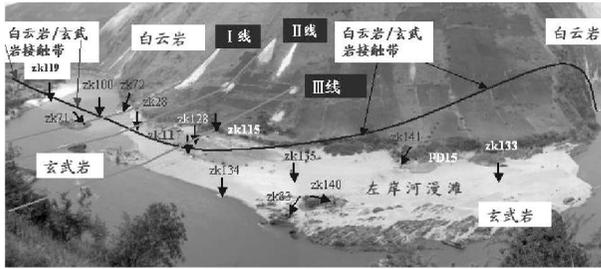


图1 坝址区地形地貌

Fig 1 Topographic and geomorphological features of the dam area in the middle reaches of the Nujiang River

如此破碎的碎裂结构白云岩大面积地分布于左岸坝肩,左岸坝肩应该出现明显的垮塌或者变形破坏现象,但是从现场的调查情况来看,左岸坝肩边坡地形整齐,无任何垮塌破坏,在坝肩边坡上也没有发现任何的拉裂缝等边坡正在变形破坏的现象(图2)。而且左岸所有的平硐揭露的白云岩岩块之间嵌合紧密,在没有任何支护措施的情况下,在平硐顶和边墙处没有发现任何的掉块、塌方等现象,平硐内整体干燥,在断层处也未见滴水或者渗水现象。在左岸的一个平硐底部挖掘了一个边长在 $10\text{m}$ 以上近似矩形的试验硐,在经历了长时间无任何支撑的放置后,试验硐顶部也没有出现任何的塌方、掉块等变形破坏现象。这一切都说明左岸的白云岩力学性能较好,岩体具有较好的整体稳定性,这与一般的碎裂结构岩体有着本质的区别。出现这种现象预示这种岩体必定有着特殊的成因机制和工程特性。

### 3 成因机制分析

左岸白云岩岩体中虽然微裂纹非常发育,呈现碎裂结构岩体特征,但是岩体的整体稳定性较好,与通常的碎裂岩体完全不同。出现这种情况必定有其特殊的原因。通过现场的全面调查以及室内的资料整理,从白云岩和玄武岩的形成时代、其自身的特性和所处的构造环境等方面综合分析,认为白云岩出现这种特殊性质的原因主要有以下几点:

(1)坝址右岸的玄武岩形成于石炭纪,而左岸的白云岩形成于三叠纪,形成时间晚于右岸的玄武



图2 左岸坝肩一坡到顶的整齐地形

Fig 2 Terrain features of the dam shoulder at the left bank of the Nujiang River

岩。而白云岩属于深海沉积,因此,在早期的沉积过程中,白云岩近水平状沉积于玄武岩之上;

(2)坝址区邻近怒江断裂构造带,断裂较发育,在较强的构造动力环境下,性脆的白云岩在受到强烈的构造运动冲击时发生强烈的碎化,形成类似钢化玻璃受冲击时的碎裂状况并产生大量破劈理、细裂纹,而刚度相对较大的玄武岩仅有较多的裂隙而未碎裂,这也正是玄武岩中裂隙较多、RQD较低的原因;

(3)经受构造运动后,碎裂的白云岩在后期溶液介质带入钙质的作用下,当钙质向下渗流到玄武岩与白云岩接触的部位时,由于玄武岩渗透系数较小,属于相对的隔水层,钙质在白云岩底部靠近玄武岩的部位淀积下来,充填于裂纹中,愈合了岩体中的裂纹(图3)。使原来碎裂的岩体向连续介质转变,成为具有充填胶结碎裂结构的岩体。

从上面的分析中可知,虽然白云岩中发育大量的微裂纹,导致裂隙间距很小,岩体被切割成小块状,但是由于这些微裂纹之间被钙质充填粘结,使得这些被切割成小块的白云岩能够相互之间被较好的连接在一起,岩体呈现一种看似碎裂、实质较完整的特点,对这一类新的岩体,本文将其定名为“充填胶结碎裂岩体”。

### 4 工程地质特性研究

正是由于左岸白云岩的特殊成因机制,导致其

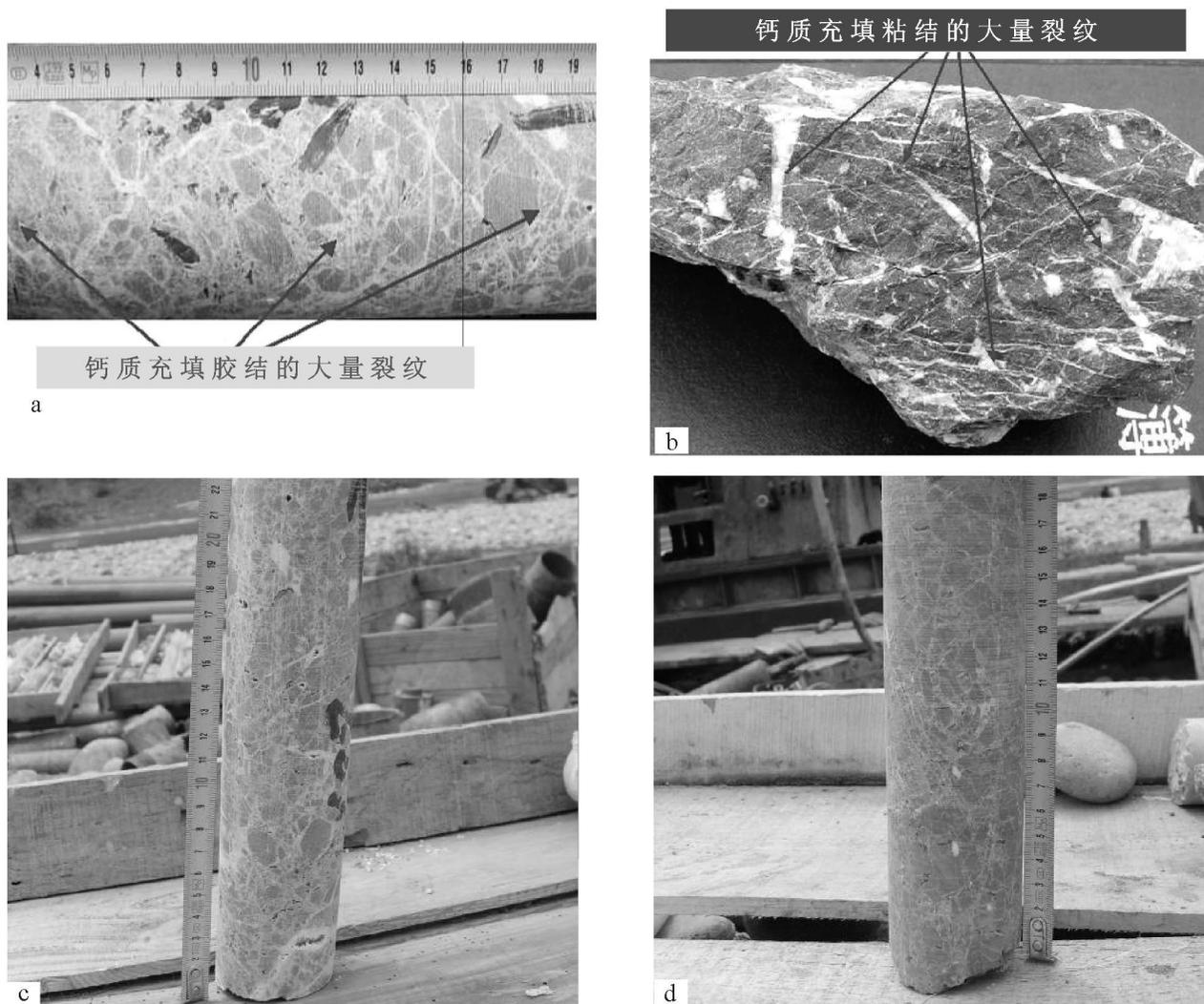


图 3 左岸白云岩岩芯中大量钙质粘胶的裂纹, 岩芯保持柱状

a 钙质充填粘胶的大量裂纹; b 钙质充填粘胶的大量裂纹; c Zk128井111.1 m~111.37 m岩芯保持柱状; d Zk128井116.08 m~116.3 m岩芯保持柱状

Fig 3 Abundant filling-bounded cracks by calcium carbonate observed in dolomite cores

a Filling-bounded cracks by calcium carbonate b Filling-bounded cracks by calcium carbonate c Columnar cores, 111.1 m to 111.37 m, ZK-128 well d Columnar cores, 116.08 m to 116.3 m, Zk-128 well

工程特性与其它碎裂结构岩体有着较大的差别。清楚地了解这种特殊性质白云岩的工程性质, 对于研究其可利用性以及未来施工中应该注意的问题具有重要的现实意义。通过现场大量的调查、试验、测量以及钻孔岩芯揭露, 可以得到左岸白云岩“充填胶结碎裂岩体”的一些基本工程地质特征:

(1) 具有很小的裂隙间距: 从左岸大量的勘探平洞现场观察测量可知, “充填胶结碎裂岩体”大部分裂隙间距仅为 1 厘米到数厘米, 部分地方裂隙间距甚至小于 1 cm, 从表面观察岩体处于极度破碎状态;

(2) 处于自然状态原位条件下白云岩体的结构

面(裂纹、裂隙)胶结(或充填粘胶)较好, 岩体呈现一定的整体性, 但是在受到外界的扰动后, 钙质胶结易被破坏, 岩体的整体性迅速下降, 这一点可以从左岸白云岩钻孔中打出大量的破碎白云岩得到证实。正是由于这个特点, 未来在施工过程中应该提前做好工程应对措施, 避免强烈震动对碎裂白云岩的破坏作用;

(3) 观察左岸白云岩钻孔取出的岩芯可知, 虽然经钻探扰动大部分岩芯破碎, 但仍有不少岩芯粘胶较好, 保持其完整、柱状特征(图 3);

(4) 具有似完整性特征: 由于微裂隙之间钙质胶结较好, 在未发生错位和强烈扰动的情况下, 岩石

类似“破碎的挡风玻璃”或“碎瓷”(图3),尽管微裂隙存在,但仍呈“似完好状”,装水不漏,因而岩体结构呈现一种“似完整”特征;

(5)具有较低的渗透性和较高的力学指标:在进入弱风化带以后,岩体的渗透性迅速降低,特别是在进入微风化带后,岩体的吕容值普遍小于1Lu单位。根据现场试验结果,白云岩的完整性系数绝大部分在0.35以上,内聚力在0.5MPa以上,内摩擦系数在0.8以上,变形模量则普遍在5GPa以上,对应为II级及以上岩体,这与岩体中大量发育的微裂隙形成了鲜明的对比(图4)。而通常的碎裂岩体完整性系数普遍在0.35以下,内聚力在0.5MPa以下,内摩擦系数则在0.8以下,对应的为IV级岩体。因此,无论是岩体的吕容值、完整性系数、变形模量还是抗剪强度参数都与通常认为的碎裂岩体有着根本的区别。

### 5 结论

在现场调查及室内试验、分析的基础上,本文提

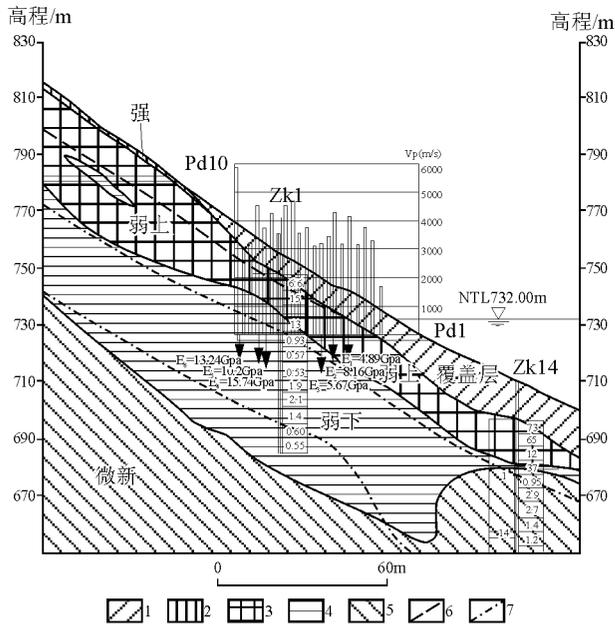


图4 左岸白云岩力学指标与波速、吕容值对应关系

1.覆盖层; 2强风化; 3弱风化上; 4弱风化下; 5微新岩体; 6强卸荷带下限; 7相对隔水层顶底板

Fig. 4 Relationship between mechanics index, wave velocity and porosity of dolomites

1= overburden; 2= strong weathering; 3= weak weathering (upper); 4= weak weathering (lower); 5= small and new rock mass; 6= threshold of strong stress release zone; 7= roof and bottom wall of impermeable formation

出了一种特殊的碎裂结构岩体—充填胶结碎裂岩体,这种特殊的碎裂岩体与通常的碎裂岩体有着本质的不同,通过详细的分析论证,对于这种特殊的碎裂岩体,可以得到以下几点结论:

(1)充填胶结碎裂岩体中发育大量的微裂纹,使其表现极度破碎的原因是由于受到强大的构造冲击作用;

(2)充填胶结碎裂岩体裂隙间距普遍为数厘米,甚至1cm以下。但是通过大量的试验可知,在没有受到外界大的扰动情况下,岩体的力学性能较好,可以用作坝基岩体。这与岩体中微裂隙普遍被钙质充填、胶结有密切的关系,使碎裂结构的岩体具有连续介质的特点,岩体结构呈现一种“似完整”特征;

(3)应该看到,充填胶结碎裂岩体毕竟是有着“内伤”的岩体,一旦受到外界大的扰动,其力学性能迅速降低,在施工过程中应该特别注意这一点

### 参考文献:

[1] 中华人民共和国行业标准编写组. 水利水电工程地质勘察规范 GB50287-2006[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008

[2] 崔银祥. 碎裂岩体用作高混凝土重力坝坝基的可能性评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2005

[3] 周洪福, 韦玉婷, 聂德新. 对碎裂结构岩体似连续介质特征的一点研究[J]. 工程地质学报, 2008, 16(1): 17-21

[4] 唐树名. 碎裂结构岩体路堑边坡锚固机理分析及其应用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2003

[5] 胡夏嵩, 赵法锁. 低地应力区碎裂结构围岩基本特征研究[J]. 工程地质学报, 2004, 12(4): 396-400

[6] 晏鄂川, 戴光忠, 刘昌雄. 碎裂岩路堑边坡稳定性评价与安全防护设计[J]. 岩土力学, 2005, 10(26): 257-260

[7] 曾祥勇, 唐树名, 邓安福. 锚索加固边坡碎裂结构岩体模型试验[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2004, 8(8): 128-135

## Filling cemented cataclastic rock masses: Genetic mechanism and engineering geology

ZHOU Hong-fu<sup>1</sup>, NIE Dexin<sup>2</sup>, WEI Yuting<sup>3</sup>

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3. Sichuan Institute of Geological Engineering Investigation, Chengdu 610072, Sichuan, China)

**Abstract:** The filling cemented cataclastic rock masses are introduced in this study as a new type of cataclastic rock masses. The filling and cementation by calcium carbonate between rock masses lead to the high mechanical strength of the cataclastic rock masses in situ under certain circumstance of external disturbance. Unlike the common cataclastic rock masses with low mechanical strength under certain circumstance of external disturbance, they may be designed as dam foundation rock masses. Care should be taken to distinguish them in engineering construction.

**Key words:** filling cemented cataclastic rock mass; rock mass structure; genetic mechanism; engineering geology